

Compactación de suelo y Maquinarias

- ❑ El parque de maquinaria más pesado y la necesidad de operar en condiciones húmedas aumentan el riesgo de problemas de compactación de los suelos agrícolas
- ❑ La compactación superficial está determinada principalmente por la presión de contacto, mientras que la compactación del subsuelo está determinada por la carga (peso) por eje (>10 tn/eje alto riesgo de compactación en capas profundas).
- ❑ Llantas más grandes, dobles, con menor presión de inflado y sistemas de orugas de goma son opciones efectivas para reducir la presión de contacto y minimizar la compactación de la capa superficial del suelo. Sin embargo, las cargas pesadas sobre los ejes aún pueden causar la compactación del subsuelo
- ❑ El 80% de la compactación por tráfico ocurre en la **primera pasada**. Limitar la cantidad de viajes a través **todo el campo** y utilizar el **mismo patrón de tráfico** siempre que sea posible
- ❑ Los desarrollos futuros con maquinaria autónoma reducirán la compactación del suelo, utilizando máquinas de menor tamaño con patrones de tráfico controlados con precisión.

Factores que afectan la severidad y profundidad de la compactación

- La compactación superficial del suelo está determinada por la *presión de contacto*. La compactación en límite superior del subsuelo está determinada tanto por la *presión de contacto* como por el *carga por eje*. La compactación en profundidad está determinada principalmente por el *carga por eje* (Figura 1A). El número de pasadas y el tiempo de permanencia de la carga (es decir, qué tan rápido se mueve la máquina) también influirán en cómo la carga afecta el suelo.

Carga por eje (Determina la compactación profunda)

- La carga por eje es el peso total que soporta un eje, normalmente esta expresado en libras, kg o toneladas. Para máquinas o implementos con más de un eje, la carga media por eje se puede calcular dividiendo el peso total por el número de ejes. La carga máxima por eje será una fracción del peso total y varía según cómo esté equilibrada la máquina (Tabla1)

Maquinaria	Eje Delantero	Eje Trasero
Tractor 2WD	25-30%	70-75%
Tractor MFWD	35%	65%
Tractor 4WD	51-55%	45-49%
Cosechadora	80-85%	15-20%

- Cargas por eje superiores a 10 toneladas (aprox) pueden causar una compactación que penetra en el subsuelo (Voorhees et al., 1986). Cargas por eje de menos de 5 Tn las compactaciones se limitan a la capa superior del suelo. Fig 1A

Presión de Contacto (determina la compactación de la capa superficial)

Es la carga del eje dividida el área de la superficie de contacto entre la carga y suelo. Se mide en libras por pulgada cuadrada (psi) o kPa. Reducir la presión de contacto reducirá la compactación superficial. Se logra *reduciendo la presión neumáticos o aumentando el área de contacto* entre la carga y el suelo, por ejemplo, utilizando *neumáticos más anchos (Fig1 B)*, La investigación ha demostrado que una presión de contacto más baja puede reducir la compactación en el perfil superior del suelo pero que tiene poco o ningún efecto sobre la compactación del subsuelo, la cual está determinada principalmente por la carga del eje.

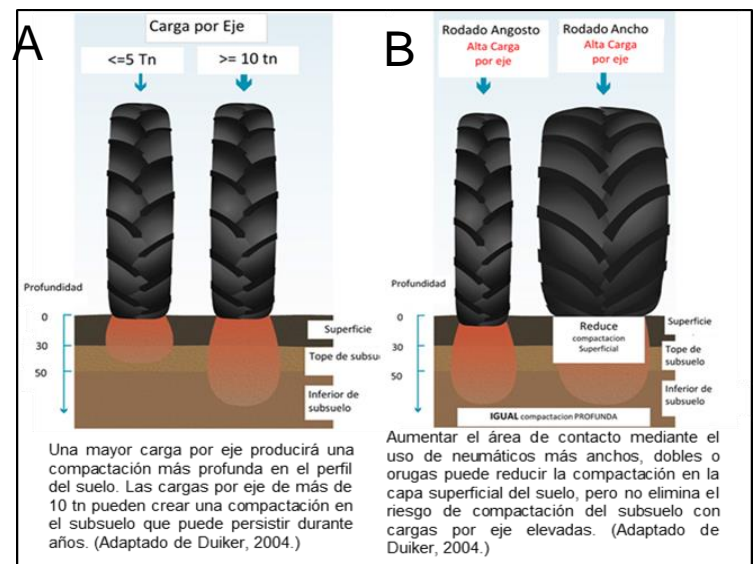


Fig1. A) Variación de carga por eje B) Variación Presión de Contacto

Número de Pasadas

El 70 al 80% de los efectos de la compactación ocurren en la primera pasada (Wolkowski y Lowery, 2008). Se recomienda concentrar las pasadas por mismo lugar. Sin embargo, esto no significa que las pisadas repetidas sean intrascendentes. Suelos por encima de la densidad aparente óptima (Duiker, 2004) pisadas adicionales agravan el problema. Esto puede ser importante cuando se considera el valor de los ejes tándem o triples en comparación con los ejes simples de equipos pesados como camiones cisterna de estiércol y carros de granos. Agregar un eje adicional reduce la carga por eje a la mitad y duplica el área de superficie de contacto, lo cual puede ayudar a reducir la compactación. Sin embargo, también agrega un pisada más ya que la misma pisada se transita dos veces en lugar de una, lo que probablemente compensará algunos de los beneficios antes mencionados (Raper y Kirby, 2006)

La velocidad de desplazamiento

La velocidad de desplazamiento de las maquinarias puede influir en la compactación que provocan. Tiempos de permanencia más prolongados de las cargas aplicadas al suelo aumentan la cantidad de compactación que causan. El aumento de la velocidad de desplazamiento reducirá el tiempo de permanencia de la carga y, en consecuencia, la severidad de la compactación.

Opciones de Maquinarias para reducir compactación

Presión y configuración de los neumáticos

- Menor presión de inflado puede ayudar a reducir la compactación superficial. El mercado introdujo nuevos neumáticos de baja presión de inflado y sistemas de compresores a bordo que reducen la presión al ingresar al lote y luego volver a inflar antes de viajar.
- Neumáticos adicionales (doble ,triples) aumentan el área de contacto de la superficie total y reducen la presión de inflado necesaria para soportar la carga del eje.
- Un estudio que comparó simples vs duales y encontró que los duales redujeron la compactación superficial, pero dicha ventaja se redujo a mayores profundidades (Fig 2). Tanto los duales como los triples tienen la desventaja de aumentar el ancho del área transitada.

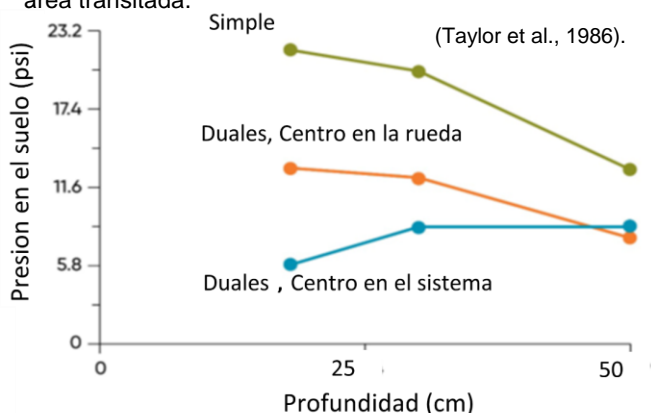


Fig 2 Compactación a diferentes profundidades según la configuración de rodados

Orugas

- La investigación no necesariamente ha mostrado una clara ventaja para las orugas en la mitigación de la compactación del suelo en condiciones de trabajo húmedas.
- Las orugas por lo general aumentan el área de contacto de la superficie de una carga en relación con una configuración de ruedas comparable. Esto puede ayudar a reducir la compactación de la capa superficial del suelo y la formación de surcos.
- Las orugas expanden el área de contacto de la superficie en sentido longitudinal, dentro de la dirección de tránsito, ósea lo hacen sin aumentar una mayor área del campo que se transita.



- La presión de contacto de la superficie no es uniforme en toda el área de la vía. Se crea una zona de mayor presión debajo de cada rueda. A medida que una oruga se mueve, creará múltiples picos de presión correspondientes con cada rueda que pase sobre el suelo.
- Las orugas se pueden considerar como una forma de configuración de varios ejes: hay más ejes que soportan la carga y la presión de contacto de la superficie se reduce.

¿Las orugas ofrecen una ventaja sobre los neumáticos?

La investigación ha indicado que depende de las configuraciones específicas de neumáticos y orugas comparadas. Un estudio del estado de Ohio comparó la compactación hasta una profundidad de 50 cm causada por tractores de orugas y de ruedas y encontró que el mejor resultado para minimizar la compactación del suelo se logró con tractores duales funcionando a baja presión de inflado. Para máquinas pulverizadores o plantadoras en las que los neumáticos suelen tener una alta presión de inflado es probable que las orugas proporcionen una mayor ventaja en relación a los neumáticos. Para las máquinas más pesadas, como cosechadoras y carros de granos, las orugas pueden proporcionar una ventaja para reducir la compactación de la superficie y la formación de surcos, pero **no eliminarán el riesgo de compactación del subsuelo asociado a una alta carga por eje.**

Trafico Controlado

- Se debe intentar limitar la cantidad de viajes a través del campo y utilizar el mismo patrón de tráfico siempre que sea posible.
- Durante la cosecha, tratar de seguir las trayectorias de las ruedas de la cosechadora tanto como sea posible cuando utilice el carro de grano en lugar de cortar en diagonal a través del campo entre la cosechadora y los camiones de grano.
- Tratar de mantener los camiones de grano confinados a los bordes de los campos o fuera de los mismos ya que las cargas pesadas por eje combinadas con neumáticos de carretera de alta presión de inflado pueden causar una compactación significativa.

El futuro

- Es esperable que en el futuro existan: más máquinas chicas trabajando en simultaneo sin operadores adicionales, durante las 24 hs del día y con una administración automática de los patrones de tráfico para pisar siempre en el mismo lugar.

REFERENCIAS

- Mark Jeschke (2018) Machinery Options for Reducing Soil Compaction in Crop Production. CROP INSIGHTS vol. 28 | no. 11
- Abu-Hamdeh, N.H., T.G. Carpenter, R.K. Wood, R.G. Holmes. 1995a. Soil Compaction of 4 Wheel Drive and Tracked Tractors Under Various Draft Loads. SAE Technical Paper #952098.
- Abu-Hamdeh, N.H., T.G. Carpenter, R.K. Wood, R.G. Holmes. 1995b. Combine Tractive Devices: Effects on soil Compaction. SAE Technical Paper #952159.

Arvidsson, J., and T. Keller. 2007. Soil stress as affected by wheel load and tyre inflation pressure. Soil Till. Res. 96:284-291. .pdf